

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности КФУ

Проф. Д.К. Нургалеев



Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.2 Фундаментальные вопросы математического моделирования механики сплошной среды

Направление подготовки: 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль) подготовки: 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная

Язык обучения: русский

Казань 2014

1. КРАТКАЯ АННОТАЦИЯ

Познакомить с современными средствами математического моделирования задач механики сплошной среды. Дать представление о современном математическом аппарате, применяемом в этой области науки. Описать математические модели теории деформируемого твердого тела, гидромеханики, газовой динамики, термодинамики. Продемонстрировать математические приемы исследования этих моделей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП

Курс «Фундаментальные вопросы математического моделирования механики сплошной среды» входит в разряд дисциплин по выбору.

Осваивается на 2 курсе в 4 семестре.

Для успешного освоения данной дисциплины нужно освоение в качестве предшествующих следующих дисциплин: общие курсы математического и функционального анализа, алгебры и геометрии.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Знать: основные принципы и методы построения общих математических моделей в механике сплошной среды и в таких ее важнейших частях как теория упругости, гидромеханика, газовая динамика.

Уметь: строить и исследовать математические модели типичных задач механики сплошной среды и ее приложений в различных областях современной науки и техники.

Владеть: современным математическим аппаратом построения и исследования моделей систем и процессов, изучаемых механикой сплошной среды.

Демонстрировать способность и готовность: использовать полученные знания при построении новых математических моделей, применять их к исследованию ранее неизученных явлений природы, разработке новых процессов и систем в технике и технологии в содружестве с представителями конкретных наук. Применять полученные знания на практике при участии в разработке современных программных комплексов, используемых при математическом моделировании средствами механики сплошной среды.

В результате освоения дисциплины формируются компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК- 2	способность подготавливать научные работы для публикации в ведущих российских и международных изданиях, а также выступления на российских и международных научно-практических конференциях

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов (лекции 18 ч., практика 18 ч., самостоятельная работа 72 ч.).

Итоговая форма контроля: зачет.

№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		
				лекции	практика	самост. работа
1	Вспомогательные сведения из математического анализа и алгебры	4	1	2	2	8
2	Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа	4	2	2	2	8
3	Кинематика сплошной среды. Деформация тела и ее основные характеристики.	4	3	2	2	8
4	Динамика сплошной среды. Силы в механике сплошной среды. Интегральные законы движения (принцип Даламбера).	4	4,5	2	2	8
5	Определяющие уравнения сплошной среды. Классификация сплошных сред.	4	6,7	2	2	8
6	Основные граничные задачи линейной теории упругости. Динамические задачи линейной теории упругости.	4	8,9	2	2	8
7	Вариационные принципы теории упругости. Кинематически допустимое множество перемещений.	4	10,11	2	2	8
8	Математические модели линейно-вязкой жидкости. Интерпретация параметров вязкости.	4	12,13	2	2	8
9	Уравнения движения идеальной жидкости. Основные законы движения	4	14,15	2	2	8

	идеальной жидкости.					
--	---------------------	--	--	--	--	--

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Вспомогательные сведения из математического анализа и алгебры

Тема 2. Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа.

Тема 3. Кинематика сплошной среды. Деформация тела и ее основные характеристики. Меры деформации. Тензор деформации. Их вычисление в основных системах координат

Тема 4. Динамика сплошной среды. Силы в механике сплошной среды. Интегральные законы движения (принцип Даламбера). Тензор напряжений Коши. Дифференциальные законы движения

Тема 5. Определяющие уравнения сплошной среды. Принцип локальности. Принцип независимости от системы отсчета. Классификация сплошных сред. Упругое тело. Изотропное упругое тело. Изотропное упругое тело в рамках бесконечно малых деформаций.

Тема 6. Основные граничные задачи линейной теории упругости. Динамические задачи линейной теории упругости. Теорема о кинетической энергии. Статические задачи теории упругости. Принцип возможных перемещений. Теоремы единственности. Необходимые условия равновесия.

Тема 7. Вариационные принципы теории упругости. Кинематически допустимое множество перемещений. Статически допустимое множество напряжений. Вариационный принцип Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно. Использование этих принципов в приближенных методах решения задач теории упругости

Тема 8. Математические модели линейно-вязкой жидкости. Интерпретация параметров вязкости. Теоремы единственности решения для системы уравнений Навье – Стокса

Тема 9. Уравнения движения идеальной жидкости. Основные законы движения идеальной жидкости. Поверхности слабого и сильного разрыва.

5. Образовательные технологии

Обучение происходит в форме лекционных и практических занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Теоретический материал излагается на лекциях. Причем конспект лекций, который остается у студента в результате прослушивания лекции не может заменить учебник. Его цель - формулировка основных утверждений и определений. Прослушав лекцию, полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике. Список литературы разделен на две категории: необходимый для сдачи экзамена минимум и дополнительная литература.

Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины "Современные численные методы линейной алгебры" на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные утверждения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы. Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по

дням, отведенным для подготовки к экзамена, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА АСПИРАНТОВ (СРА) включает следующие виды работ:

Тема 1. Вспомогательные сведения из математического анализа и алгебры

Домашнее задание, примерные вопросы:

Линейные пространства. Базисы.

Тема 2. Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа.

Домашнее задание, примерные вопросы:

Тензорное произведение векторов. Различные виды компонент тензоров.

Тема 3. Кинематика сплошной среды. Деформация тела и ее основные характеристики. Меры деформации. Тензор деформации. Их вычисление в основных системах координат

Домашнее задание, примерные вопросы:

Тензор деформации скоростей. Характеристики деформации тела. Плотность массы.

Уравнение неразрывности.

Тема 4. Динамика сплошной среды. Силы в механике сплошной среды. Интегральные законы движения (принцип Даламбера). Тензор напряжений Коши. Дифференциальные законы движения

Домашнее задание, примерные вопросы:

Дифференциальные уравнения движения. Характеристики напряженного состояния.

Тема 5. Определяющие уравнения сплошной среды. Принцип локальности. Принцип независимости от системы отсчета. Классификация сплошных сред. Упругое тело. Изотропное упругое тело. Изотропное упругое тело в рамках бесконечно малых деформаций.

Домашнее задание, примерные вопросы:

Линейно-вязкая жидкость. Идеальная жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Изотропное упругое тело. Нестационарная задача. Исследование единственности решения.

Тема 6. Основные граничные задачи линейной теории упругости. Динамические задачи линейной теории упругости. Теорема о кинетической энергии. Статические задачи теории упругости. Принцип возможных перемещений. Теоремы единственности. Необходимые условия равновесия.

Домашнее задание, примерные вопросы:

Вывод уравнений движения линейной теории упругости. Решение задач.

Тема 7. Вариационные принципы теории упругости. Кинематически допустимое множество перемещений. Статически допустимое множество напряжений. Вариационный принцип Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно. Использование этих принципов в приближенных методах решения задач теории упругости

Домашнее задание, примерные вопросы:

Решение задач с использованием принципа Кастильяно.

Тема 8. Математические модели линейно-вязкой жидкости. Интерпретация параметров вязкости. Теоремы единственности решения для системы уравнений Навье – Стокса
Домашнее задание, примерные вопросы:

Вывод теоремы единственности решения для системы уравнений Навье-Стокса.

Тема 9. Уравнения движения идеальной жидкости. Основные законы движения идеальной жидкости. Поверхности слабого и сильного разрыва.

Домашнее задание, примерные вопросы:

Вывод уравнений движения идеальной жидкости.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Форма контроля: зачет

Промежуточная форма контроля – оценка успешности выполнения самостоятельных заданий

7.2. Оценочные средства текущего контроля

Примеры вопросов для самостоятельной работы

1. Дать определение градиента деформации.
2. Дать определение тензора деформации
3. Дать определение тензора бесконечно малых деформации
4. Написать и прокомментировать интегральные уравнения движения сплошной среды
5. Сформулировать определяющие соотношения линейной теории упругости.
6. Поставить основные граничные задачи линейной теории упругости.
7. Сформулировать и доказать теоремы единственности решения для стационарных граничных задач линейной теории упругости.
8. Сформулировать и доказать вариационные принципы Лагранжа и Кастильяно для линейных задач теории упругости.
9. Дать постановку задачи о кручении изотропного упругого стержня.
10. Вывести уравнения изгиба тонкой изотропной упругой пластины.

11. Является ли градиент деформации тензором?
12. Симметричен ли тензор деформаций Коши?
13. Достаточно ли основных уравнений движения Коши для описания движения сплошной среды?
14. Является ли множество всех статически допустимых тензоров линейным пространством.
15. Является ли тензор скоростей деформации симметричным тензором.
16. Является ли тензор спин симметричным тензором.

7.3. Вопросы к зачету

1. Силы в механике сплошной среды. Основные законы движения
2. Деформация тела и ее характеристики
3. Упругое тело.

4. Пространственное описание движения. Интегральное уравнение баланса массы
5. Градиенты векторных функций векторного аргумента. Определение, вычисление в различных системах координат.
6. Определяющие соотношения. Принцип локальности. Принцип независимости от системы отсчета.
7. Дифференцирование векторных и тензорных функций вещественного аргумента.
8. Уравнения равновесия изотропного линейно упругого тела. Вывод уравнений. Постановка граничных условий
9. Вывести уравнения изгиба тонкой изотропной упругой пластины.
10. Сформулировать определяющие соотношения линейной теории упругости.
11. Теорема о максимуме модуля напряжений для задачи кручения изотропного тела.
14. Постановка задачи равновесия упругого тела со свободной границей.
15. Теорема о максимуме модуля напряжений для задачи кручения изотропного тела.
16. Определение тензора бесконечно малых деформаций
17. Вывести уравнения изгиба тонкой изотропной упругой пластины.
18. Доказать вариационный принцип Лагранжа для линейных задач теории упругости.
19. Сформулировать и доказать теорему Коши о существовании тензора напряжений
20. Определяющие соотношения. Принцип локальности. Принцип независимости от системы отсчета.
21. Дифференцирование векторных и тензорных функций вещественного аргумента.
22. Теорема о максимуме модуля напряжений для задачи кручения изотропного тела.

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Индекс компетенции	Расшифровка компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
ПК-2	способность подготавливать научные работы для публикации в ведущих российских и международных изданиях, а также выступления на российских и международных научно-практических конференциях	С учетом полученных знаний, аспирант способен подготавливать научные работы для публикации в ведущих российских и международных изданиях, а также выступления на российских и международных научно-практических конференциях	Подготовка публикации аспирантом, выступление на итоговой конференции

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В процессе обучения аспирантов по дисциплине основными формами обучения являются: аудиторные занятия, включающие лекции, и самостоятельная работа. Тематика лекций соответствует содержанию программы дисциплины

Обязательным условием освоения дисциплины является самостоятельная работа аспиранта, выполнение которой аспирант демонстрирует при выполнении самостоятельных работ. Подобная форма обучения развивает навыки поиска научной литературы, ее анализа, составления резюме прочитанного текста, приемов аргументации защищаемых гипотез.

тез, т.е. ведения научно-исследовательской работы и ее защиты в рамках профессиональных дискуссий. Аналогичные цели должны преследоваться и при ориентации аспирантов на самостоятельный поиск новых материалов по текущим разделам и чтение дополнительной литературы.

Методические рекомендации по самостоятельной работе аспирантов

Самостоятельная работа является обязательной составляющей деятельности аспиранта по изучению дисциплины. Самостоятельная работа направлена на более глубокое изучение отдельных тем дисциплины, систематизацию полученных знаний. Задания для самостоятельной работы включают виды работ, перечисленные выше. В программе дисциплины также указана трудоемкость самостоятельной работы по каждой из тем. Это – время, необходимое для выполнения всех заданий по теме аспирантом с хорошей успеваемостью и средним темпом работы. Время, затрачиваемое каждым конкретным аспирантом, может существенно отличаться от указанного. В связи с этим, планирование рабочего времени каждым аспирантом должно осуществляться самостоятельно. Однако можно выделить некоторые общие рекомендации. Начинать самостоятельные занятия следует с начала семестра и проводить их регулярно. Не следует откладывать работу из-за «нерабочего настроения». Не следует пытаться выполнить всю самостоятельную работу за один день, накануне представления ее результатов. В большинстве случаев это просто физически невозможно. Гораздо более эффективным является распределение работы на несколько дней: это способствует более качественному выполнению заданий и лучшему усвоению материала. Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии. Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Место работы, по возможности, должно быть постоянным. Работа на привычном месте более плодотворна. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Помните, что максимальная длительность устойчивости внимания – 45 минут. При появлении рассеянности есть необходимость прервать работу на 3 – 5 минут, но не следует покидать рабочее место. Каждые 1.5 – 2 часа необходимо делать перерыв на 10-15 минут. Желательно сопровождать перерыв интенсивной физической активностью.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Основная литература

1. Юдович В.И. Математические модели естественных наук .СПб.: Лань, 2011. - 336с.
<http://e.lanbook.com/view/book/689/page1/>
2. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010701 "Фундаментальная механика и механика" и направлению подготовки 010800 "Механика и математическое моделирование". Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика / Р. И. Нигматулин .— Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014 .— 639 с. : ил. ; 25 .— Библиогр.: с. 627-629 .— Предм. указ.: с. 630-639 .— ISBN 978-5-9704-2898-6 ((в пер.)) , 1000.

9.2. Дополнительная литература

1. Карчевский М.М., Шагидуллин Р.Р. Математические модели механики сплошной среды : учеб. пособие .— Казань : Казан. гос. ун-т, 2007
2. Математическое моделирование в механике сплошных сред [Электронный ресурс] / Р. Темам, А. Миранвиль; пер. с англ. – 2-е изд.(эл.) – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. -320с: ил. – (математическое моделирование) ISBN 978 -5-9963-2312-8 http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=50538
3. Плохотников, К. Э. Метод и искусство математического моделирования [Электронный ресурс] : курс лекций / К. Э. Плохотников. – М. : ФЛИНТА, 2012. – 519 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=456334>

9.3. Интернет-ресурсы:

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>
Портал ресурсов по естественно-научным дисциплинам - <http://en.edu.ru/>
Сайт образовательных ресурсов по математике - <http://www.exponenta.ru/>
Справочник по компьютерной математике - <http://www.users.kaluga.ru/math/>

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудитория, оборудованная современными мультимедийными средствами. Компьютерный класс с предустановленными указанными в предыдущем пункте программными средствами.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО аспирантуры (Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 875)

Автор(ы): Карчевский М.М.

Рецензенты:

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института ВМ и ИТ КФУ от 11 сентября 2014 г. протокол № 1.